

CBS ve Hava Kalitesi Verileri Kullanılarak Marmara Bölgesinin Kış Sezonunda Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi

Kazım Onur Demirarslan¹, Halil Akıncı²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 08100 Seyitler, Artvin.

²Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 08100 Seyitler, Artvin.

Özet

Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesinden biri olan Marmara Bölgesi, Avrupa ve Asya'yı birbirine bağlayan köprü görevi görmektedir. Bölge, yaklaşık olarak 67 bin km²'lik bir yüzölçümüne sahiptir. Demografik olarak ele alındığında ise nüfusunun 24 milyon olduğu görülmektedir. Bu yoğunluk, bölgenin Türkiye'nin önemli sanayi, toptan ve perakende ticaret, uzmanlaşmış tarım ve turizm bölgesi olmasından kaynaklanmaktadır. İstihdam olanakları nedeniyle bölgede kentleşme oranı artmıştır. Kentleşme ise beraberinde atık su, katı atık ve hava kirliliği gibi önemli çevre sorunlarını getirmiştir. Hava kirliliği ise bölgede kendini hissettiren önemli çevre sorunlarından bir tanesidir. Özellikle yoğun sanayi, trafik ve yerleşimin olduğu alanlarda hava kirliliği artan oranlarda görülmektedir. Bu çalışmada, Marmara Bölgesi'nin 2015-2016 yılları kış sezonu (1 Ekim-31 Mart) hava kalitesi SO₂ ve PM₁₀ bakımından incelenmiştir. Çalışma zamanına ait veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları web sitesinden temin edilmiştir. Bu verilerin hava kalitesi üzerindeki etkileri ve dağılımları, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla üretilen dağılım haritalarıyla incelenmiştir. Kirlenici verileri karşılaştırılmış ve bölgede hava kalitesi düşük olan iller belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen kış sezonu ortalamaları 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde bulunan Kış Sezonu Limit Değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında SO₂ kirlenici için en yüksek konsantrasyona sahip ilin 2015 ve 2016 yıllarında Edirne olduğu belirlenmiştir. PM₁₀ incelendiğinde ise 2015 ve 2016 yıllarında Bursa'nın en yüksek konsantrasyona sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler

CBS, Hava Kalitesi, Marmara Bölgesi, PM₁₀, SO₂

Assessment of Winter Season Air Quality in the Marmara Region Using GIS and Air Quality Data

Abstract

Marmara Region, one of the 7 geographical regions of Turkey, serves as a bridge connecting Europe and Asia. It has a surface area of approximately 67 thousand km². When considered as a population, it's determined that there're approximately 24 million in total. The reason for this density is that the region is a major industrial, commercial, agricultural, tourism region of Turkey. The urbanization rate in the region has increased due to employment opportunities. Consequently, there are significant environmental problems like urbanization, wastewater, solid waste and air pollution in the region. Air pollution is one of the environmental problems that makes itself felt in the region. Especially air pollution is seen at increasing rates in areas where there are intensive industry, traffic and settlement. In this study, air quality parameters of SO₂ and PM₁₀ in Marmara region during the winter season of 2015-2016 (1 October-31 March) was examined. The effects and distributions of these data on air quality have been examined with distribution maps generated by Geographic Information Systems. The data of pollution were compared statistically and cities with low air quality were identified. The average pollution values for the winter season obtained in this study was compared with the Winter Season Limit Values in the Air Quality Assessment and Management Regulation No. 26898 dated 06.06.2008. According to the statistical results, the province with the highest concentration for SO₂ pollutant was Edirne in 2015 and 2016. When the PM₁₀ value was examined, Bursa had the highest concentration in 2015 and 2016.

Keywords:

GIS, Air Quality, Marmara Region, PM₁₀, SO₂

1. Giriş

Kentleşme kentler ile kırsal alan arasındaki dengenin kırsal alanlar aleyhine bozulması buna bağlı olarak kentlerde yaşayan nüfusun artmasını ifade etmektedir (Güler 2008). Küresel ölçekte incelendiğinde kentlerde yaşayan insan sayısının kırsal alanlarda yaşayanlardan daha fazla olduğu belirtilmektedir. Bir diğer bilgiye göre ise dünya nüfusunun yarısından fazlasının metropolitan alanlarda yaşadığı ifade edilmektedir (Demir ve Çabuk 2010).

Bu veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde, 1800’lerde nüfusu 20.000 ve üstü yerleşim birimlerinde yaşayanların oranı % 2,4 iken, 1850’lerde % 4,3 ve 1900’lerin başında % 9,2 olmuştur. Bu oran 1950’li yıllara gelindiğinde büyük bir sıçrama yaparak % 20,9’ a yükselmiştir. Geleceğe yönelik yapılan çalışmalarda 2030 yılında dünyada yıllık nüfus artışının % 1,8 olacağı öngörüsü ile dünyadaki kentsel alan nüfusunun önümüzdeki 30 yılda 2 milyarlık bir artış ile 5 milyara yaklaşarak toplam nüfusun %61’ine ulaşması beklenmektedir (Bıçer 2013; Günbeyaz 2007; Cui ve Shi 2012).

Günümüzde küresel anlamda kentsel nüfus 3,4 milyar kişiye yaklaşmıştır ve bu rakam her geçen gün giderek daha da artmaktadır. Kentleşme, tarihsel süreç içerisinde modernleşme ve büyümenin göstergesi olarak kabul edilmiştir. Kentleşme olgusu içerisinde, geniş nüfus barındırma ve çekicilik değerlendirmesinde; endüstrileşme, serbest ticaret olanakları, toplumsal altyapıların oturması ile kentlilere verilen sosyal servislerdeki artış, çalışma ve barınma mekanları arasındaki mesafelerinin önemini kaybetmesi, modernleşme ve yaşam standartlarındaki olumlu değişim, ulaşım kanallarında yaşanan gelişme ve nitelik artışı, sağlık ve bir sonraki nesle sağlanan olanaklarına erişim kolaylıkları gibi faydaların etkisi bulunduğu görülmektedir. Ancak sayılan artı değerlerin yanında hızlı, plansız, spontane çarpık kentleşme, çevre, birey ve toplum sağlığını önemli ölçüde etkilemektedir. Kentsel nüfus arttıkça küresel ve yerel ekosistemlerin kalitesi düşmekte, kabullenilebilir doğal çevre kavramı özünü yitirerek son derece yapay, salt zemin yeşilliği üzerine serpiştirilmiş mevsimlik renkli çiçeklerle niteliksiz boş alanlar olarak hiçbir hayvan türünün neredeyse barınmadığı bir kent habitatu olan park alanlarına kadar indirgenmektedir. Kaldı ki düzenlemelerde kullanılan ağaç türleri bile fazla büyümeyen, bodur, çoğunlukla herdem yeşil, üzerinde canlı yaşaması olanaksız, değil hava kalitesini yükseltmek kendisinin bile zor serpilip büyüdüğü ağaç türlerinden oluşmuş ağaç öbekleridir (URL-1 2017). Böylesi düzenlemeler arazinin kentsel olarak değerlendirilmesinin zorunlu olmasından kaynaklanmakta, yeşil alan ihtiyacının metrekareselere kadar indirgenmesine neden olmakta; kişi başı yeşil alan ihtiyacı diye bir kavram oluşturulması suretiyle aslında toplumu minimum ihtiyaç kavramı ile sınırlandırarak, daha çok yapı alanı üretmek politikaları güdülmektedir. Çünkü kentlerde yaşayan insan, ürettiğinden daha fazla kaynak, enerji ve zaman tüketimi eğilimi içerisindedir. Kentte yaşaması onu nasıl psikolojik olarak üstün kılıyorsa diğer yandan bir o kadar da tükenmişliğe sürüklüyor; doğayı da aynı hızda tahrip etme ve tüketme hakkının olduğu hissine kapılmaktadır. Sonuç olarak kentler hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, yeşil alanların yok olması, trafik, gürültü gibi problemlerin en hızlı, en yoğun ve zararlarının en fazla görüldüğü yerlerdir (URL-2 2017; Cui ve Shi 2012).

Hava kirliliği aslında günümüzde kentsel bir olgudur. Büyük doğal felaketler olmadıkça kırsal alanlarda hava kirliliğinden söz edilmemektedir. Nüfusun aşırı artması ve ekonominin hızlı büyümesi sonucu olarak ortaya çıkan belirgin bir çevre sorunu olarak kabul edilmektedir ve hem mali hem de halk sağlığı açısından olumsuz bir etkiye sahiptir (Li ve Qiao 2015; Lee ve Mitchell 2014). Türkiye’de artan nüfus ile hızlı endüstrileşme ve buna bağlı olarak enerji kullanımında artış hava kalitesindeki düşüşü beraberinde getirmiştir. Evsel ısınma ihtiyacı amacıyla yakılan kömür ve fueloil emisyonlarının alçak bacalardan atmosfere atılması, kullanılan yakıtın yüksek oranda kükürt ve kül içermesi, ısınma sistemlerinde yanmanın genellikle tam olmaması gibi etmenler inversiyon gibi meteorolojik etmenlerle bir araya geldiğinde, bugün özellikle kış aylarında şehirlerin önemli bir bölümünde görülen yüksek kirletici konsantrasyonları ortaya çıkmaktadır (Çilingir 2016; Çiftçi vd 2013). Hava kirliliğine uzun süre maruz kalınması sonucunda hem beden hem de ruh sağlığı üzerinde zararlı etkileri olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Şahin vd 2016). Hava kirliliğine bağlı olarak öksürük, bronşit, kalp hastalığı ve akciğer kanseri gibi hastalıklar artış göstermektedir. Hava kirliliğine bağlı etkiler ve sağlık sorunları sağlıklı kişilerde de görülmekle birlikte, özellikle yaşlılar ve çocuklar başta olmak üzere bazı gruplar için ciddi sağlık sorunları ortaya çıkarmaktadır (Çetin ve Demirci 2015). Havayı kirleticiler gazlar ve partiküller olmak üzere iki kısımda incelenebilirler. Bu kirleticiler incelendiğinde gaz (SO_2 , NO_x , HC, CO, CO_2) ve toz (duman, metalik duman, uçucu kül, mist, aerosoller) halindeki kirleticiler olduğu görülmektedir (İmal vd 2013). Bu kirleticiler arasında PM_{10} ve SO_2 kirleticileri ayrı bir öneme sahiptir.

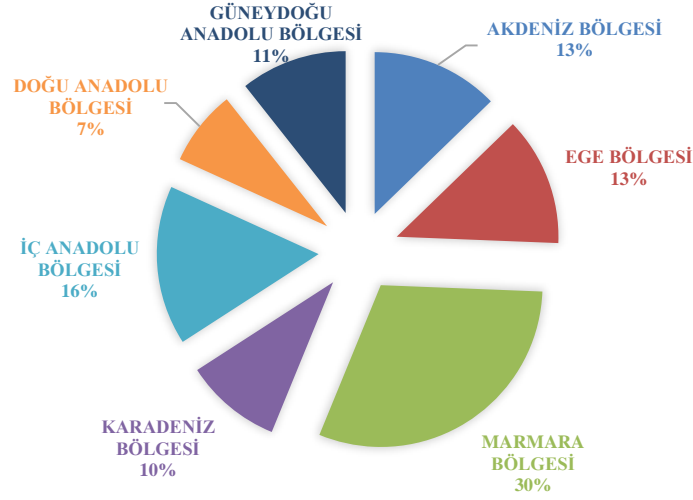
Partikül maddeler, hava kirleticiler içerisinde önemli bir yere sahiptir. Partikül madde terimi, havada askıda halde bulunan katı ve sıvı maddeleri belirtmekte olup; bu kirleticilerin etkisi insanların yaş ve sağlık durumlarına göre değişebilmektedir (Demirarslan ve Kaya 2017). Partikül maddeler, bir dizi ciddi sağlık problemlerine yol açmakta, çapları küçüldükçe akciğerlerin en derin yerine kadar gitmekte, sonuç olarak yapısını ve kimyasını bozmaktadır (URL-3 2017). Kükürt dioksit (SO_2) gazı, bileşiminde kükürt bulunduran yakıtların yanmasından açığa çıkan renksiz, yanıcı olmayan, keskin kokulu ve tatlı, boğucu, tıkayıcı ve tahriş edici bir gazdır. Bütün canlılar için zehirleyici bir özelliğe sahiptir. SO_2 çıkarılan yakıtların başında ise kötü kaliteli katı yakıtlar gelmektedir (Akan ve Morcalı 2017).

Bu çalışmada, Türkiye’nin önemli sanayi bölgesi ve buna bağlı olarak devamlı olarak nüfus artışına maruz kalan Marmara Bölgesinin 2015-2016 yılları kış sezonu (1 Ekim - 31 Mart) hava kalitesi SO_2 ve PM_{10} bakımından incelenmiştir. Çalışma alanında bulunan Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonlarından alınan ve 2015-2016 yıllarını kapsayan PM_{10} ile SO_2 verileri CBS veri tabanına girilmiş ve ArcGIS 10.2.1 yazılımında “Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighted, IDW)” kullanılarak kış sezonu PM_{10} ve SO_2 dağılım haritaları üretilmiştir.

2. Materyal ve Metot

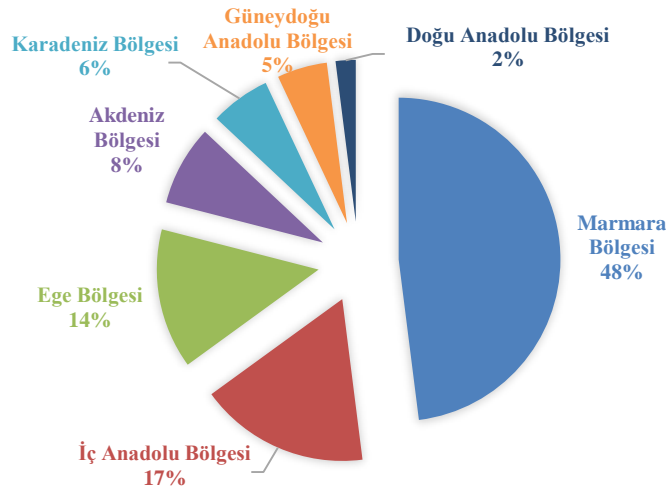
Bu çalışmada, Marmara Bölgesi’ndeki PM_{10} ve SO_2 konsantrasyonunun kış sezonuna göre dağılımı incelenmiştir. Çalışma alanı, Marmara Bölgesi sınırları içerisinde kalan Balıkesir, Bilecik, Bursa, Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya, Tekirdağ ve Yalova illerini kapsamaktadır. Marmara Bölgesi, Türkiye’nin en gelişmiş

bölgesi olup; sanayi, ticaret, turizm ve tarım sektörleri diğer bölgelere oranla daha gelişmiş veya daha önemli yer tutan bir anlamda daha çok göz önünde bulunan, ayrıca kentsel alan kırsal alan oranı açısından çok belirgin hatları bulunan yapıda, enerji tüketimi en yüksek, endüstriyel katma değeri diğer bölgelerin toplamından fazla ve nüfus yoğunluğunun en çok olduğu bölgemizdir (Kılıç vd. 2014). Şekil 1'de Türkiye'deki bölgelerin nüfus yoğunlukları verilmektedir.



Şekil 1: Türkiye bölgeleri nüfus yoğunluğu

Şekil 1'e bakıldığında çalışma alanı olan Marmara Bölgesi'nin Türkiye'de nüfus açısından en yoğun bölge olduğu görülmektedir. Bölgelere göre sanayi dağılımları ise Şekil 2'de verilmektedir (URL-4 2013). Şekil 2'ye göre ise çalışma alanı olan Marmara Bölgesi'nin endüstriyelleşme oranı açısından da en yoğun bölge olduğu anlaşılmaktadır. Endüstriyel faaliyetlerin yoğun olması, hava kirliliği üzerinde önemli etkileri olmakta, yaşam kalitesini gözle görülür biçimde düşürmektedir. Çünkü günümüzde insanları en çok ilgilendiren, özellikle büyük yerleşim merkezleri ve sanayi alanlarındaki hava kirliliğidir (URL-5 2017). Marmara Bölgesindeki illerin endüstriyel faaliyetler oranı değerlendirmesi yapıldığında ise % 65 ile İstanbul ilk sırada yer almaktadır. İstanbul ilini takip eden iller sırasıyla Bursa (%17), Kocaeli (%5), Tekirdağ (%3), Balıkesir (%3), Sakarya (%2), Çanakkale (%1), Kırklareli (%1), Edirne (%1), Bilecik (%1), Yalova (%1) dır (URL-4 2013).



Şekil 2: Bölgelere göre sanayi dağılımı (URL-4 2013)

Konsantrasyon ölçüm verileri, çalışma alanındaki illerde bulunan T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait ölçüm istasyonlarından elde edilmiştir ve 2015-2016 yıllarına ait verilerdir. Söz konusu veriler, Bakanlığın "Hava Kalitesi İzleme İstasyonları" Web sitesinden (<http://www.havaizleme.gov.tr>) alınmış olup 1 Ekim-31 Mart tarihleri arasındaki ortalama konsantrasyon değerleri baz alınmıştır. Bölgede bulunan ve Bakanlığa ait olan ölçüm istasyonlarının isimleri ve koordinatları Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1: Ölçüm istasyonları ve koordinatları

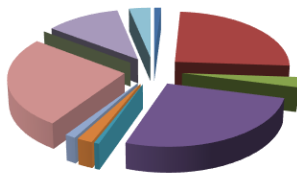
İSTASYON	ENLEM	BOYLAM	İSTASYON	ENLEM	BOYLAM
Balıkesir	39° 38' 01"	27° 53' 45"	İstanbul Mecidiyeköy	41° 03' 57"	28° 59' 40"
Balıkesir Bandırma	40° 20' 52"	27° 58' 29"	İstanbul Sarıyer	41° 07' 44"	29° 02' 58"
Balıkesir Erdek	40° 29' 22"	27° 58' 42"	İstanbul Selimiye	41° 00' 13"	29° 01' 36"
Bilecik	40° 08' 27"	29° 58' 39"	İstanbul Silivri	41° 04' 23"	28° 15' 19"
Bilecik Bozüyük	39° 54' 14"	30° 03' 10"	İstanbul Sultanbeyli	40° 59' 04"	29° 16' 07"
Bursa	40° 14' 03"	29° 02' 17"	İstanbul Sultangazi	41° 06' 07"	28° 52' 19"
Bursa Beyazıt	40° 11' 08"	29° 04' 49"	İstanbul Şile MTMH	41° 10' 13"	29° 33' 48"
Bursa İnegöl	40° 04' 51"	29° 30' 00"	İstanbul Şirinevler	41° 00' 08"	28° 50' 19"
Bursa Kester	40° 11' 43"	29° 12' 19"	İstanbul Ümraniye	41° 00' 48"	29° 09' 43"
Bursa Kültür Park	40° 11' 44"	29° 02' 45"	İstanbul Üsküdar	41° 00' 55"	29° 01' 29"
Bursa Uludağ Üniversitesi	40° 13' 24"	28° 52' 17"	İstanbul Üsküdar MTMH	41° 01' 27"	29° 05' 59"
Çanakkale Biga	40° 25' 02"	27° 06' 26"	İstanbul Yenibosna	40° 59' 56"	28° 49' 36"
Çanakkale Çan	40° 01' 45"	27° 02' 59"	Kırklareli Limanköy	41° 53' 06"	28° 03' 21"
Çanakkale Lapseki	40° 24' 11"	26° 46' 14"	Kırklareli Lüleburgaz	41° 23' 54"	27° 20' 45"
Çanakkale Merkez	40° 08' 12"	26° 24' 20"	Kırklareli Merkez	41° 43' 28"	27° 12' 52"
Edirne	41° 39' 33"	26° 35' 06"	Kocaeli Alikahya	40° 46' 15"	30° 00' 27"
Edirne Karaağaç	41° 39' 32"	26° 32' 14"	Kocaeli Dilovası	40° 47' 19"	29° 32' 13"
Edirne Keşan	40° 51' 04"	26° 38' 07"	Kocaeli Dilovası 1 İMS	40° 49' 34"	29° 33' 40"
İstanbul Aksaray	41° 00' 52"	28° 57' 16"	Kocaeli Dilovası 2 İMS	40° 50' 17"	29° 34' 49"
İstanbul Alibeyköy	41° 03' 27"	28° 56' 44"	Kocaeli Gölcük	40° 43' 33"	29° 47' 40"
İstanbul Avcılar	40° 59' 14"	28° 43' 47"	Kocaeli İzmit	40° 46' 05"	29° 56' 17"
İstanbul Başakşehir	41° 05' 43"	28° 47' 23"	Kocaeli Kandıra	41° 07' 50"	30° 00' 23"
İstanbul Beşiktaş	41° 03' 14"	29° 00' 36"	Kocaeli Körfez	40° 44' 45"	29° 47' 19"
İstanbul Büyükdada	40° 51' 28"	29° 07' 15"	Kocaeli Merkez	40° 45' 56"	29° 57' 04"
İstanbul Çatladıkapı	41° 00' 08"	28° 58' 31"	Kocaeli OSB	40° 47' 17"	29° 31' 28"
İstanbul Esenler	41° 02' 17"	28° 53' 17"	Kocaeli Yeniköy	40° 42' 15"	29° 53' 04"
İstanbul Esenyurt	41° 01' 13"	28° 40' 10"	Sakarya	40° 46' 00"	30° 23' 37"
İstanbul Göztepe	40° 59' 39"	29° 04' 10"	Sakarya Merkez	40° 46' 09"	30° 24' 35"
İstanbul Kadıköy	40° 59' 30"	29° 02' 00"	Sakarya Ozanlar	40° 47' 26"	30° 23' 48"
İstanbul Kağıthane	41° 05' 15"	28° 58' 57"	Tekirdağ Çerkezköy	41° 19' 06"	27° 58' 48"
İstanbul Kağıthane MTM	41° 05' 32"	28° 58' 29"	Tekirdağ Merkez	40° 58' 35"	27° 30' 45"
İstanbul Kandilli MTM	41° 04' 28"	29° 03' 32"	Tekirdağ Merkez MTHM	40° 58' 38"	27° 30' 11"
İstanbul Kartal	40° 53' 24"	29° 12' 26"	Yalova	40° 39' 11"	29° 15' 36"
İstanbul Kumköy	41° 15' 04"	29° 02' 17"	Yalova Altınova	40° 42' 02"	29° 30' 28"
İstanbul Maslak	41° 06' 04"	29° 01' 28"	Yalova Armutlu	40° 31' 45"	28° 47' 04"

ArcGIS 10.2.1 CBS yazılımında ölçüm istasyonlarının koordinatları kullanılarak bir nokta katmanı yaratılmış ve kış sezonu ortalama konsantrasyon değerleri öznitelik verisi olarak bu nokta katmanına eklenmiştir. ArcGIS CBS yazılımında “Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighted, IDW)” kullanılarak Marmara Bölgesinin kış sezonu PM10 ve SO₂ dağılım haritaları üretilmiştir. Dağılım haritalarının yorumlanmasında kullanılmak amacıyla bölgeye ait rüzgârgülleri oluşturulmuştur. Bu amaçla, ölçüm istasyonlardaki veriler ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü Meteorolojik Veri Arşiv Sisteminden il merkezlerinde bulunan meteorolojik istasyonlardaki 2015-2016 yılları rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü verileri elde edilmiştir.

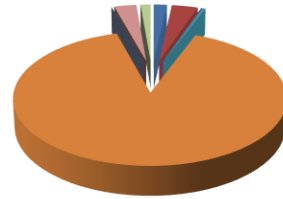
Çalışma alanında hava kalitesini etkileyen sebepleri belirlemek amacıyla, adı geçen illerin 2015-2016 yılı İl Çevre ve Durum Raporları detaylı olarak incelenmiştir. Buna göre, 2015 ve 2016 yılı İl Çevre Durum Raporlarında Balıkesir ilinde hava kirliliğine temel teşkil eden kaynaklar; trafik, endüstriyel faaliyet ve konut alanı ısınma kaynaklı kirlilik olarak sınıflandırılmıştır. Ancak Balıkesir’in hava kirliliğinde en büyük kaynağı evsel ısınmadan kaynaklandığı tespit edilmiştir. İlin topoğrafik yapısı nedeniyle kış aylarında mevcut rüzgârların azalması hava kirliliğinin daha fazla hissedilmesine yol açmaktadır. Kış aylarında artan şehir içi trafiği de hava kirliliğini arttıran bir etkidir. Konut ısıtma periyodu yaklaşık 6 ay olan Balıkesir’de kış aylarında ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklı, hava kirliliği Balıkesir iline ait İl Çevre Durum Raporu’nda belirtilmiştir (URL-6 2016, URL-7 2017). 2015-2016 yılları Bilecik İl Çevre Durum Raporlarına göre ise hava kirliliğinin mevcut durum için öncelikli bir çevre sorunu olmadığı anlaşılmaktadır. Buna neden olarak kentin coğrafi yapısının hava kirliliğini kent üzerinde tutmadığı, trafiğin az olduğu ve ısınma amaçlı doğalgaz kullanımının yaygınlaşmış olduğu gösterilmiştir (URL-8 2016, URL-9 2017). Bursa İl Çevre Durum Raporlarına göre ilde hava kirliliği kaynakları olarak endüstriyel faaliyetler başı çekmekte, ardından trafik ve ısınma gelmektedir (URL-10 2016, URL-11 2017). Çanakkale İl Çevre Raporunda hava kirliliği kaynakları olarak, ısınma, trafik, endüstriyel faaliyetler ve termik santral gösterilmektedir (URL-12 2016).

Edirne ilinde hava kalitesi ile ilgili yapılan değerlendirmelerde hava kirliliğine neden olan en büyük kaynağın %70'lik oranla ısınma amaçlı meydana gelen emisyonlar, %20 trafikten kaynaklanan emisyonlar, %10 endüstriyel kaynaklı emisyonlar olduğu belirtilmiştir. Hava kirliliği en çok kış aylarında gözlenmektedir. Bunun nedeni fosil yakıtların ısınmada yaygın olarak kullanılmasıdır. Ayrıca 2016 yılına ait raporda Keşan ilçesinde bulunan kentsel tip izleme istasyonunun 2016 kış dönemindeki SO₂ konsantrasyonunun sınır değeri aştığı belirtilmiştir. Yine aynı raporda çıkan sonuçlar neticesinde ilçede katı yakıt yakma saatlerinin kontrol edildiği, ilçede bulunan katı yakıt satıcılarına yapılan denetim sayısının artırıldığı ve yakıtlardan numuneler alındığı anlatılmıştır. (URL-13 2016; URL-14 2017). 2015-2016 yılı İl Çevre Durum Raporlarına göre İstanbul'daki hava kirliliğinin sebepleri olarak trafik, ısınma ve yoğun endüstriyel faaliyetler ve son yıllarda sıklıkla gündeme gelen kentsel dönüşüm faaliyetlerinden kaynaklı hafriyat tozu kaynaklı partiküllerin metropol geneline yayılması ve gemi kaynaklı olduğu belirtilmektedir (URL-15 2016; URL-16 2017). Kırklareli ilinde ise ısınma ve sanayi kaynaklı hava kirliliğinin olduğu 2015-2016 yılı İl Çevre Durum Raporlarında belirtilmektedir (URL-17 2016; URL-23 2017). Kocaeli'nde, hava kirliliğinin en büyük nedeni insan faaliyetlerinden kaynaklandığı İl Çevre Durum Raporlarında belirtilmiştir. Bu kaynaklar sabit ve hareketli olarak iki kısımda değerlendirilmiştir. Sabit kaynak olarak fabrikalardan kaynaklanan kirlilik, yerleşim alanlarında bulunan ev ve binalardan kaynaklanan kirlilik, madencilik faaliyetleri sonucu oluşan kirlilik olarak yine aynı raporlarda sıralanmıştır. Ayrıca ildeki hareketli kaynak olarak ise ilin konumu gereği trafik kaynaklı kirlilik gösterilmiştir (URL-19 2016; URL-20 2017). Sakarya İlinde sanayi, ısınma ve trafik önemli hava kirliliği kaynaklarından olduğu raporlarda belirtilmektedir (URL-21 2016; URL-22 2017). Tekirdağ'da ise hava kirliliği kaynağı olarak trafik sanayi ve ısınma söylenebilir, ayrıca şehirleşme ile sanayi tesislerinin yakın çevresindeki bölgelerdeki konutlaşmaların artması ildeki hava kirliliğinin olumsuz etkilerini arttırdığı İl Çevre ve Durum Raporlarında belirtilmektedir (URL-23 2016; URL-24 2017). Yalova İlinde hava kirliliğine etken olarak sanayiden kaynaklanan emisyonlar, evsel ısınma kaynaklı emisyonlar ve özellikle de transit trafikten kaynaklanan egzoz gazı emisyonlarıdır. İl içerisinde, sanayinin ve nüfusun yoğun olduğu D-100 karayolunun geçmesi özellikle yaz aylarında artan trafikle birlikte trafikte seyreden araçlardan kaynaklanan egzoz emisyonları bu etkinin ne derece önemli olduğu ve etkisinde kaldığı İl Çevre ve Durum Raporlarında açıklanmıştır (URL-25 2016; URL-26 2017).

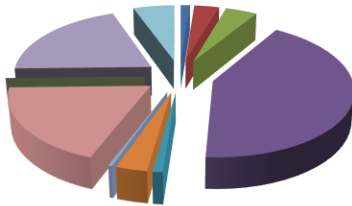
Çalışma alanında bulunan illerde kullanılan yakıt türleri ve miktarları illerin 2015 ve 2016 yılı İl Çevre ve Durum Raporlarına göre belirlenmiş ve grafik olarak Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde 2015 yılında yakıt olarak kömür kullanan illerin başında % 26,43 ile Çanakkale ardından % 25,84 ile Kocaeli gelmektedir. Doğalgaz kullanımı ise %89,84 ile İstanbul yüksek bir orana sahiptir.



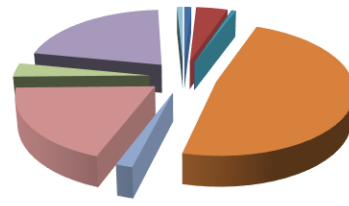
a. Kömür kullanım miktarı (2015)



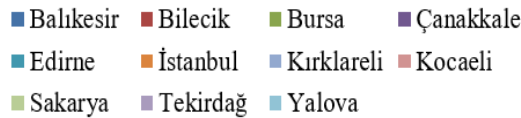
b. Doğalgaz kullanım miktarı (2015)



c. Kömür kullanım miktarı (2016)



d. Doğalgaz kullanım miktarı (2016)

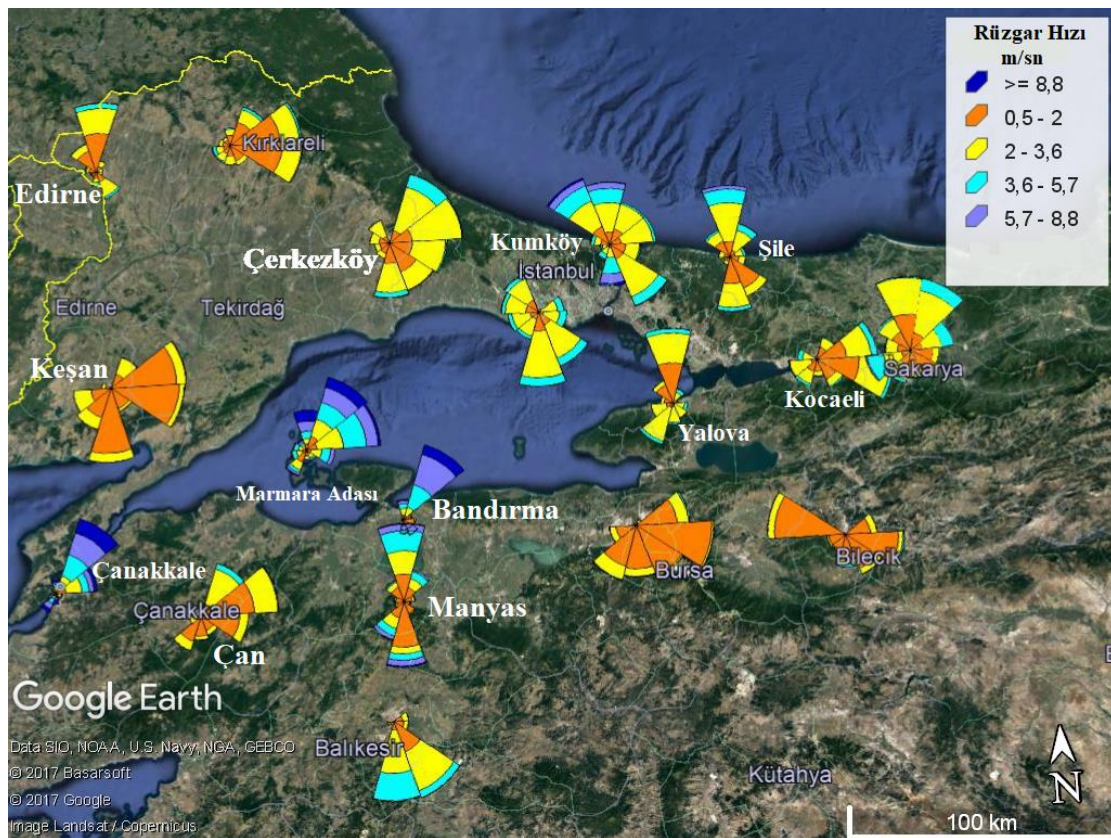


Şekil 3: Çalışma alanı sanayi ve konutlarda kullanılan toplam yakıt miktarları

2016 yılı incelendiğinde ise yine Çanakkale ili (%42,35) kömür kullanımında başta gelmektedir. İkinci sırada Tekirdağ (% 19,86) ve üçüncü sırada Kocaeli (%18,87) bulunmaktadır. Her iki yıl karşılaştırıldığında Bilecik ilinde kömür kullanımının bir hayli azaldığı görülebilmektedir. Doğalgaz kullanımında ise 2015 yılında %89,84 ile İstanbul yüksek bir orana sahiptir. Bu oran 2016 yılında % 50,84 olarak yine birinci il olarak belirlenmiştir.

3. Bulgular

Çalışma alanında bulunan Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonlarından alınan ve 2015-2016 yıllarını kapsayan PM10 ile SO₂ verileri CBS veri tabanına girilmiş ve ArcGIS 10.2.1 yazılımında “Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighted, IDW)” kullanılarak kış sezonu PM10 ve SO₂ dağılım haritaları üretilmiştir. Dağılım haritalarının yorumlanması için bölgeye ait rüzgârgülleri ise ölçüm istasyonlardaki veriler ile T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan il merkezleri verileri yardımıyla çizilmiştir. Rüzgârgülllerinin çiziminde Lakes Environmental Software tarafından hazırlanan WRPLOT View 7.0.0 programından yararlanılmıştır. Program yardımıyla rüzgâr yönü, frekans analizi gibi sonuçlar alınmakta, zamana ve yere bağlı olarak rüzgâr sınıfı, yönü ve hızı belirlenebilmektedir (Demirarslan ve Akıncı 2016). Çalışma alanının WRPLOT View programı ile üretilen rüzgârgülleri Şekil 4'te, verilmektedir.

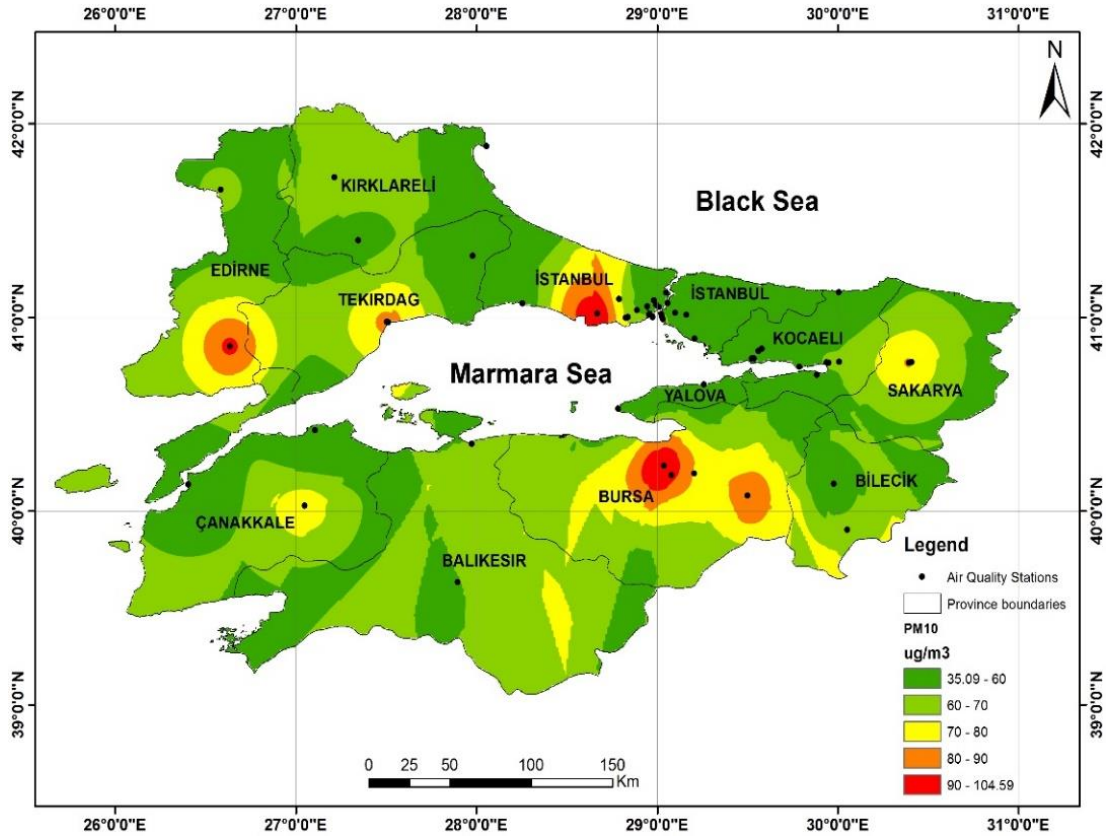


Şekil 4: Çalışma alanına ait hakim rüzgar yönleri ve hızları

3.1. PM10 Dağılımları

Çalışma alanı içerisinde bulunan illerdeki PM10 verilerinin 2015-2016 yılı kış sezonu ortalaması 1 Ekim-31 Mart tarihleri arasındaki veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu ortalamaların ArcGIS programı yardımıyla dağılımları haritalandırılmış ve bu haritalar Şekil 5 ve 6'da verilmiştir.

Şekil 5'deki dağılım haritasına bakıldığında PM10 kirleticisinin genel olarak 35-70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında olduğu görülebilmektedir. İstanbul Anadolu yakasındaki seviye 35–60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyesindeyken Avrupa yakasında 70–104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyonlu yerler de mevcuttur. Kış sezonu ortalaması sınır değeri olan 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerini aşan Esenyurt istasyonuna bakıldığında ölçülen 2015 yılı kış PM10 ortalamasının 122,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu anlaşılmaktadır. Yine aynı istasyonlarda ölçülen saatlik en yüksek değer ise 984 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. Kırklareli geneline bakıldığında ise PM10 konsantrasyonlarının 35-60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülebilmektedir.



Şekil 5: Çalışma alanı 2015 yılı PM10 dağılımları

İlde 2015 yılında bulunan ölçüm istasyonlarından elde edilen değerler ise Limanköy istasyonu ortalama $24,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$, saatlik en yüksek $668 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Lüleburgaz istasyonu ortalama $50,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saatlik en yüksek $518 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Merkez istasyonu ortalama $69,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saatlik en yüksek $725 \mu\text{g}/\text{m}^3$ şeklinde ölçülmüştür. Tekirdağ ili genelinde konsantrasyon aralıkları $35-70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olsa da il merkezinde bu değerler $70-90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. İl merkezinde bulunan Merkez-MTHM istasyonunda 2015 yılı kış sezonu ortalama PM10 konsantrasyonu ise $98,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. Ölçülen saatlik en yüksek konsantrasyon $764 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. Tekirdağ istasyonunda ise kış sezonu ölçülen ortalama PM10 konsantrasyonu $78,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken bu istasyonda ölçülen saatlik en yüksek konsantrasyon $764 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. Balıkesir ili geneline bakıldığında $35-60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lük konsantrasyon görülmekte ilde bulunan istasyonlarda ölçülen kış sezonu ortalama PM10 konsantrasyonları ise Balıkesir merkez $56,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Bandırma MTHM $57,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. Erdek istasyonunda ise PM10 ölçümü yapılmadığından çalışmanın bu kısmına katılmamıştır. Ölçülen saatlik en yüksek konsantrasyonlara bakıldığında ise Balıkesir merkez istasyonu $576 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Bandırma MTHM istasyonu $824 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak elde edilmiştir. Şekil 5 deki dağılım haritasına bakıldığında, Kocaeli ilinde PM10 konsantrasyonlarının $35-70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında olduğu görülmektedir. Ancak Kocaeli ilinde bulunan 11 ölçüm istasyonundan elde edilen verilere göre ise ilde görülen en yüksek PM10 seviyesi Dilovası istasyonunda kış sezonu ortalaması için $93,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve yine aynı istasyonda ölçülen saatlik en yüksek konsantrasyon $951 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kayıtlara geçmiştir. Sakarya ili merkezinde $70-90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lük konsantrasyon dağılımı görülmektedir. İlde bulunan 3 istasyondan ikisinde PM10 ölçümü yapılmakta ve kış sezonu ortalaması ile saatlik en yüksek konsantrasyon verileri sırasıyla Sakarya istasyonu $91,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (saatlik en yüksek $664 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Sakarya merkez istasyonu $80,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (saatlik en yüksek $553 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olarak kayıtlara geçmiştir. Bursa iline bakıldığında iki noktada konsantrasyon yoğunlukları görülebilmektedir. Ayrıca il genelinde $70-80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında konsantrasyon miktarı hesaplanmıştır. İlde bulunan 6 istasyonun dördünde PM10 ölçümü yapılmış ve kış sezonu ile saatlik ölçülen en yüksek konsantrasyon değerleri Bursa merkez istasyonunda görülmüştür (kış sezonu ort.: $124,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - saatlik en yüksek kons. $898 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Çanakkale ili incelendiğinde il sınırlarının iç kısımlarında konsantrasyonun $70-80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ civarında olduğu görülebilmektedir. İlde dört adet istasyon olup bunların sadece üçünde PM10 kayıtları bulunmaktadır. Çanakkale Çan ilçesindeki istasyonda ölçülen kış sezonu ortalaması $85,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür ve ildeki en yüksek değere sahip noktadır. Edirne ilinde ise Şekil 5'te de görüldüğü üzere Keşan ilçesindeki istasyonda ölçülen en yüksek ortalama değer $107,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saatlik en yüksek konsantrasyon ise $845 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür ve bu değer ildeki en yüksek değerdir. Yalova ili incelendiğinde ise il genelinde konsantrasyon miktarının $35-60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmekte ve ilde ölçülen en yüksek konsantrasyonun $38,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüş, saatlik en yüksek konsantrasyon ise $648 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kayıtlara geçmiştir. Çalışma alanındaki illerde bulunan 70 ölçüm istasyonundan elde edilen kış sezonu ortalama PM10 miktarları ile ölçülen en yüksek saatlik konsantrasyonlar Tablo 2'de verilmektedir.

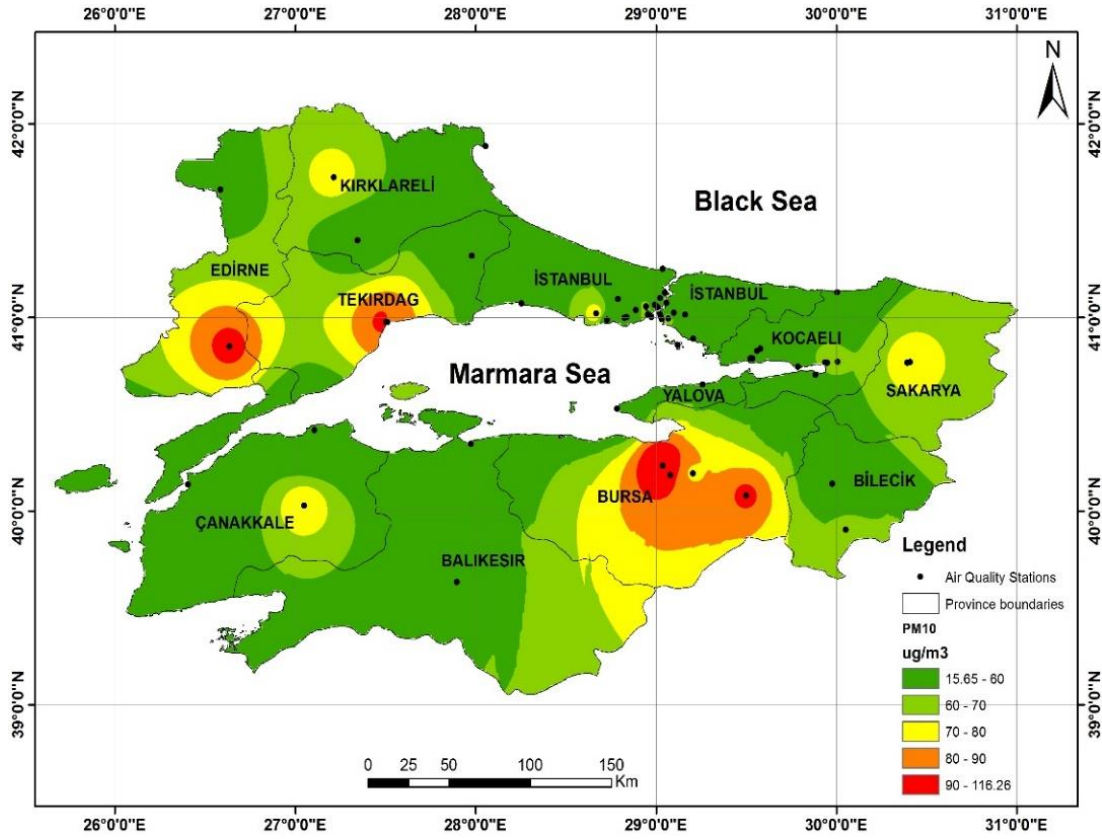
Tablo 2: 2015 yılı çalışma alanı istasyonlarında kaydedilen kış sezonu PM10 ortalamaları ile ölçülen en yüksek saatlik PM10 konsantrasyonları

İSTASYON	Kış Sezonu Ortalama Kons. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ölçülen En Yüksek Saatlik Kons. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İSTASYON	Kış Sezonu Ortalama Kons. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ölçülen En Yüksek Saatlik Kons. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Balıkesir	56,20	576	İstanbul Mecidiyeköy	56,92	630
Balıkesir Bandırma	57,40	824	İstanbul Sarıyer	53,73	623
Balıkesir Erdek	-	-	İstanbul Selimiye*	102,14	407
Bilecik	44,22	507	İstanbul Silivri	44,45	782
Bilecik Bozüyük	62,16	441	İstanbul Sultanbeyli	-	-
Bursa*	124,97	898	İstanbul Sultangazi	-	-
Bursa Beyazıt	91,6	737	İstanbul Şile MTMH	26,97	854
Bursa İnegöl*	98,59	902	İstanbul Şirinevler	57,37	617
Bursa Kester	75,07	629	İstanbul Ümraniye	40,01	1691
Bursa Kültür Park	-	-	İstanbul Üsküdar	41,70	551
Bursa Uludağ Üniversitesi	-	-	İstanbul Üsküdar MTMH	44,57	548
Çanakkale Biga	24,03	933	İstanbul Yenibosna	71,13	618
Çanakkale Çan	85,91	722	Kırklareli Limanköy	24,89	668
Çanakkale Lapseki	-	-	Kırklareli Lüleburgaz	50,51	518
Çanakkale Merkez	27,15	618	Kırklareli Merkez	69,86	725
Edirne	62,26	471	Kocaeli Alikahya	56,39	508
Edirne Karaağaç	-	-	Kocaeli Dilovası*	93,09	951
Edirne Keşan*	107,58	845	Kocaeli Dilovası 1 İMS	59,97	293
İstanbul Aksaray	57,86	423	Kocaeli Dilovası 2 İMS	22,19	86
İstanbul Alibeyköy	40	4820	Kocaeli Gölcük	-	-
İstanbul Avcılar	-	-	Kocaeli İzmit	72,39	706
İstanbul Başakşehir	65,85	864	Kocaeli Kandıra	39,33	894
İstanbul Beşiktaş	50,65	794	Kocaeli Körfez	52,76	552
İstanbul Büyükdada	-	-	Kocaeli Merkez	65,25	592
İstanbul Çatladıkapı	73,36	346	Kocaeli OSB	31,22	203
İstanbul Esenler	62,41	605	Kocaeli Yeniköy	43,28	638
İstanbul Esenyurt*	122,25	984	Sakarya*	91,24	664
İstanbul Göztepe	-	-	Sakarya Merkez	80,13	553
İstanbul Kadıköy	62,36	858	Sakarya Ozanlar	-	-
İstanbul Kağıthane	-	-	Tekirdağ Çerkezköy	46,78	683
İstanbul Kağıthane MTM	-	-	Tekirdağ Merkez	78,30	787
İstanbul Kandilli MTM	50,62	985	Tekirdağ Merkez MTHM*	98,12	764
İstanbul Kartal	51,04	694	Yalova	38,01	648
İstanbul Kumköy	-	-	Yalova Altınova	-	-
İstanbul Maslak	-	-	Yalova Armutlu	27,45	160

* 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde bulunan PM10 Kış Sezonu Limit Değeri olan $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşan istasyonlar.

- Ölçüm verileri bulunmamaktadır.

2016 yılı için yapılan PM10 dağılım haritası Şekil 6'da verilmektedir. Şekil 6'daki 2016 yılı PM10 dağılım haritasına göre Kocaeli ili içerisinde konsantrasyon miktarları $15-70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişiklik göstermektedir.



Şekil 6: Çalışma alanı 2016 yılı PM10 dağılımları

İldeki istasyonlardan elde edilen ölçüm sonuçlarına bakıldığında kış sezonu PM10 ortalaması en yüksek olan istasyonun $73,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile İzmit istasyonu olduğu belirlenmiştir. Saatlik olarak ölçülen en yüksek değer ise $928 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Dilovası istasyonu olmuştur. Şekil 6'da Sakarya ili incelendiğinde merkez ilçede $70-80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile bir yoğunlaşma görülmektedir. Merkez istasyonundan elde edilen ölçümlere göre kış sezonu ortalama PM10 konsantrasyonu $78,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ölçülen en yüksek saatlik konsantrasyon ise $573 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. Bilecik ve Yalova illerinde yüksek oranda konsantrasyon görülmemekle beraber, Bilecik Bozüyük istasyonunda ölçülen ortalama kış sezonu konsantrasyonu $61,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Yalova merkez istasyonunda kaydedilen kış sezonu ortalaması ise $59,85$ olarak belirlenmiştir.

Bursa iline bakıldığında Bursa merkez istasyonunda kaydedilen kış sezonu ortalaması $116,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$, İnegöl istasyonunda ise $92,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. Balıkesir genelinde ise PM10 konsantrasyon seviyelerinin düşük olduğu görülebilmektedir. İstasyon ölçümlerine bakıldığında ise Balıkesir merkez kış sezonu ortalaması $51,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Bandırma istasyonu kış sezonu ortalaması $47,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak görülmüştür.

Çanakkale ili genelinde düşük konsantrasyon seyretmekte ancak Çan ilçesindeki istasyondan ölçülen kış sezonu verilerinin ortalaması $77,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmış bu noktada ölçülen saatlik en yüksek değer ise $608 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu belirlenmiştir. Edirne ilinde kış sezonu ortalaması en yüksek olan istasyon yine Keşan istasyonu olarak görülmekte ve burada ölçülen kış sezonu konsantrasyonlarının ortalaması $94,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saatlik en yüksek konsantrasyon ise $665 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. Şekil 6'da Tekirdağ il merkezinde yoğunlaşma görülmekte ve buradaki istasyonlardaki veriler incelendiğinde Merkez MTHM istasyonunda kış sezonu ortalama PM10 değeri $109,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ölçülen saatlik en yüksek konsantrasyon ise $1080 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak görülebilmektedir. Tekirdağ Merkez istasyonunda ise bu değerler sırasıyla, $70,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $486 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür. Kırklareli ilinde ise merkez istasyonunda ölçülen kış sezonu değerlerinin ortalaması $74,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saatlik en yüksek konsantrasyon ise $663 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak görülmüştür.

2015 ve 2016 yılının dağılım haritaları karşılaştırıldığında (Şekil 5-6) İstanbul Avrupa yakasında 2016 yılında PM 10 konsantrasyonlarının düştüğü görülebilmektedir. Bursa iline bakıldığında ise 2016 yılına ait PM 10 konsantrasyonunda artış kaydedilmiştir. Tekirdağ merkez ve Edirne Keşan ilçesi incelendiğinde 2016 yılı PM10 konsantrasyonun 2015 yılına göre arttığı anlaşılmıştır. Burada artışın başlıca sebebi olarak yerleşim yerlerinde doğalgaz tesisatı olsun olmasının halkın ekonomik sebeplerden dolayı ısınma amaçlı katı yakıt kullanımındaki olağanüstü tercih gösterilebilir.

Çalışma alanında bulunan 70 istasyondan elde edilen kış sezonu PM10 ortalamaları ile ölçülen en yüksek saatlik PM10 konsantrasyonları Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3: 2016 yılı çalışma alanı istasyonlarında kaydedilen kış sezonu PM10 ortalamaları ile ölçülen en yüksek saatlik PM10 konsantrasyonları

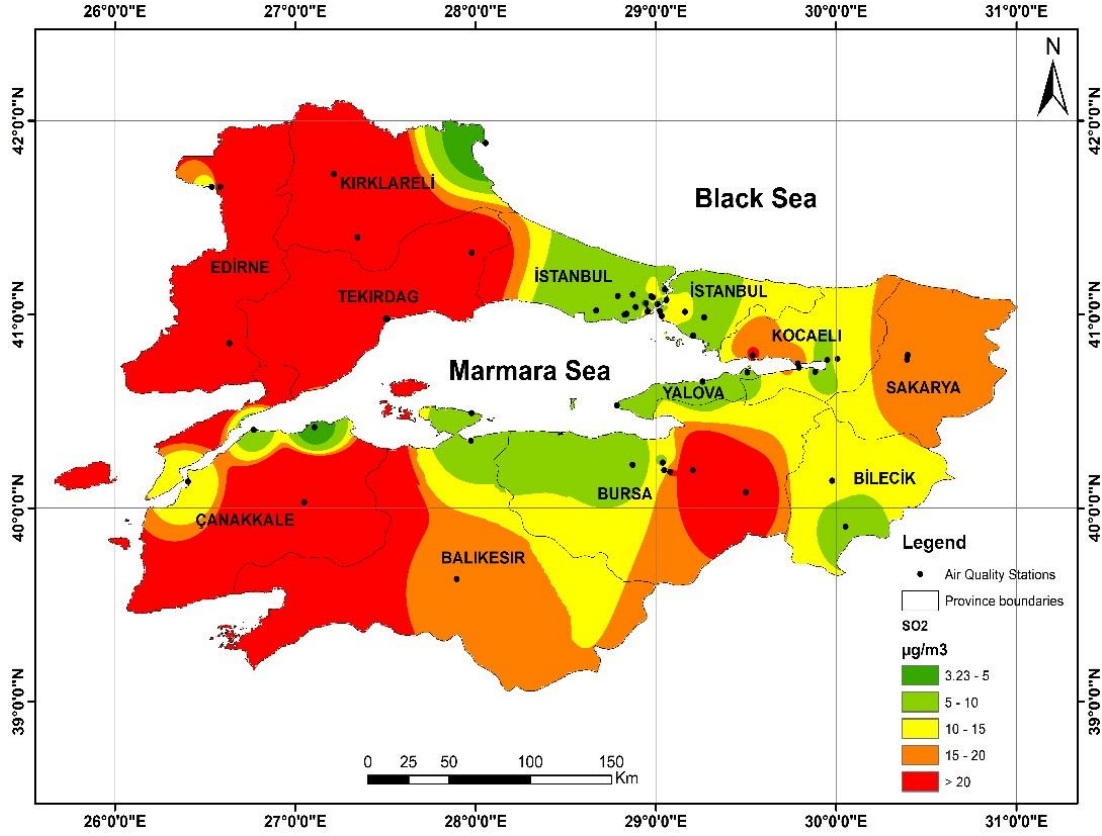
İstasyon	Kış Sezonu Ortalama Kons. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ölçülen En Yüksek Saatlik Kons. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İstasyon	Kış Sezonu Ortalama Kons. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ölçülen En Yüksek Saatlik Kons. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Balıkesir	51,19	398	İstanbul Mecidiyeköy	51,82	854
Balıkesir Bandırma	47,21	250	İstanbul Sarıyer	46,07	8948
Balıkesir Erdek	-	-	İstanbul Selimiye	65,89	519
Bilecik	45,11	311	İstanbul Silivri	38,97	575
Bilecik Bozüyük	61,88	620	İstanbul Sultanbeyli	-	-
Bursa*	116,68	703	İstanbul Sultangazi	-	-
Bursa Beyazıt	89,43	985	İstanbul Şile MTMH	24,84	734
Bursa İnegöl*	92,98	544	İstanbul Şirinevler	32,103	218
Bursa Kester	78,11	985	İstanbul Ümraniye	37,19	4420
Bursa Kültür Park	-	-	İstanbul Üsküdar	46,34	604
Bursa Uludağ Üniversitesi	-	-	İstanbul Üsküdar MTMH	40,70	609
Çanakkale Biga	15,61	492	İstanbul Yenibosna	63,18	409
Çanakkale Çan	77,55	608	Kırklareli Limanköy	23,41	548
Çanakkale Lapseki	-	-	Kırklareli Lüleburgaz	42,64	486
Çanakkale Merkez	25,01	286	Kırklareli Merkez	74,96	663
Edirne	53,59	402	Kocaeli Alikahya	60,38	578
Edirne Karaağaç	-	-	Kocaeli Dilovası	61,87	928
Edirne Keşan*	94,22	665	Kocaeli Dilovası 1 İMS	54,55	698
İstanbul Aksaray	74,58	661	Kocaeli Dilovası 2 İMS	18,40	383
İstanbul Alibeyköy	65,97	4646	Kocaeli Gölçük	-	-
İstanbul Avcılar	43,51	198	Kocaeli İzmit	73,65	533
İstanbul Başakşehir	55,28	766	Kocaeli Kandıra	38,04	927
İstanbul Beşiktaş	42,04	701	Kocaeli Körfez	46,01	465
İstanbul Büyükkada	32,49	2994	Kocaeli Merkez	61,89	688
İstanbul Çatladıkapı	58,34	583	Kocaeli OSB	33,50	424
İstanbul Esenler	54,27	958	Kocaeli Yeniköy	40,09	667
İstanbul Esenyurt	82,81	985	Sakarya	73,54	508
İstanbul Göztepe	79,27	682	Sakarya Merkez	78,46	573
İstanbul Kadıköy	54,55	848	Sakarya Ozanlar	-	-
İstanbul Kağıthane	-	-	Tekirdağ Çerkezköy	46,39	628
İstanbul Kağıthane MTM	-	-	Tekirdağ Merkez	70,31	486
İstanbul Kandilli MTM	46,17	985	Tekirdağ Merkez MTHM*	109,76	1080
İstanbul Kartal	48,63	574	Yalova	59,85	859
İstanbul Kumköy	26,71	117	Yalova Altınova	-	-
İstanbul Maslak	61,39	1908	Yalova Armutlu	26,07	917

* 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde bulunan PM10 Kış Sezonu Limit Değeri olan $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşan istasyonlar.

- Ölçüm verileri bulunmamaktadır.

3.2. SO₂ Dağılımları

Çalışma alanı içerisinde bulunan illerdeki SO₂ verilerinin kış sezonu ortalaması 1 Ekim-31 Mart tarihleri arasındaki veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu ortalamaların ArcGIS programı yardımıyla dağılımları haritalandırılmış ve Şekil 7 ve 8'de verilmiştir.



Şekil 7: Çalışma alanı 2015 yılı SO₂ dağılımları

Şekil 7’de verilen 2015 yılı SO₂ dağılım haritasında bakıldığında çalışma alanındaki birçok ilin SO₂ emisyonu Hava Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği’ndeki kış sezonu ortalaması sınır değeri olan 20 µg/m³’ü geçtiği görülebilmektedir. İstanbul ilinde diğer illere nazaran nispeten daha düşük SO₂ konsantrasyonu bulunmaktadır. Şekil 7’deki dağılım haritasında İstanbul genelinde konsantrasyon dağılımı 0-5 µg/m³ olarak görülebilmektedir. Ancak Anadolu yakasında Kocaeli’ne doğru ve Avrupa yakasında Tekirdağ iline doğru konsantrasyon seviyesi 10-15 µg/m³’e doğru yükselmektedir.

Kocaeli ilinde SO₂ konsantrasyonunun seviyesi genel olarak 10-15 µg/m³ arasındadır. İstasyonlarda ölçülen değerlere bakıldığında Kış sezonu ortalaması Dilovası istasyonu 20,15 µg/m³, Körfez istasyonu 16,68 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. İstasyonlarda ölçülen saatlik en yüksek konsantrasyonlar ise Alikahya istasyonu 1004 µg/m³, Gölcük istasyonu 554 µg/m³ olarak kayda geçmiştir.

Sakarya ilinin genelinde bakıldığında SO₂ konsantrasyonunun 15-20 µg/m³ olduğu anlaşılmaktadır. İlde bulunan istasyonlardan elde edilen verilere göre kış sezonu ortalama değeri Ozanlar istasyonunda 19,86 µg/m³, Sakarya istasyonunda 18,91 µg/m³ olarak belirlenmiştir.

Bilecik ilinde ise yine konsantrasyon seviyesi 10-15 µg/m³ arasında değişmektedir. İlde bulunan Bilecik istasyonunda ortalama SO₂ değeri 10,07 µg/m³ ve Bozüyük istasyonundaki ise 9,70 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Saatlik olarak ölçülen en yüksek konsantrasyon ise sırasıyla 74 µg/m³ ile 181 µg/m³ olmuştur.

Yalova ilinde kış sezonu SO₂ konsantrasyonu 5-15 µg/m³ arasında olduğu Şekil 7’deki dağılım haritasından görülebilmektedir. İlde bulunan istasyonlarda ölçülen değerler ise Armutlu istasyonu 6,51 µg/m³ (saatlik en yüksek: 732 µg/m³), Yalova istasyonu 8,04 µg/m³ (saatlik en yüksek: 63 µg/m³), Altınova istasyonu 8,04 µg/m³ (saatlik en yüksek: 393 µg/m³) olarak kayıtlara geçmiştir.

Bursa ilinde karmaşık bir dağılım olduğu Şekil 7’deki dağılım haritasından görülebilmektedir. İlde bulunan ölçüm istasyonlarından Kestel istasyonu kış sezonu ortalaması 34,65 µg/m³, İnegöl istasyonu ortalaması 21,94 µg/m³, Beyazıt istasyonu ortalaması 20,43 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Bu istasyonlarda elde edilen sonuçlar 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği kış sezonu sınır değeri olan 20 µg/m³ ü aşmaktadır. Saatlik en yüksek değerlerde ise İnegöl istasyonu 750 µg/m³, Kestel istasyonu 684 µg/m³, Beyazıt istasyonu 152 µg/m³ olarak ölçülmüştür.

Çalışma alanında bulunan 70 istasyondan elde edilen kış sezonu SO₂ ortalamaları ile ölçülen en yüksek saatlik SO₂ konsantrasyonları Tablo 4’de verilmektedir.

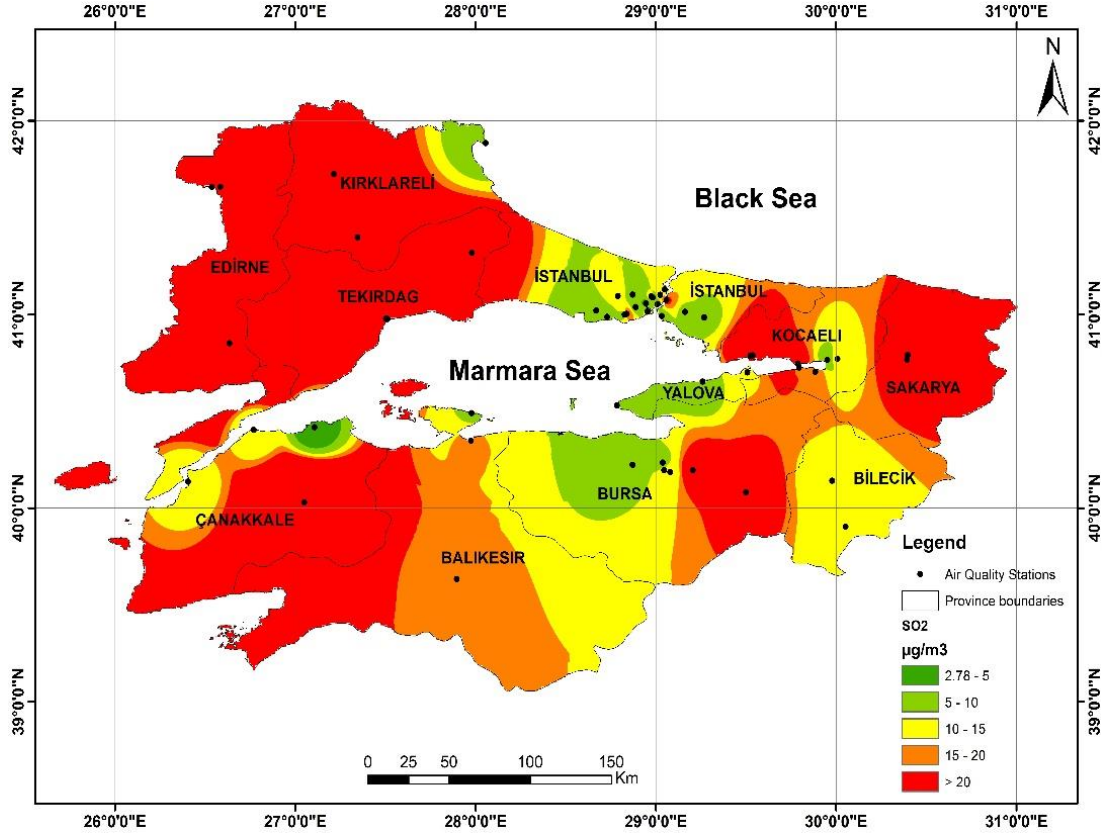
Tablo 4: 2015 yılı çalışma alanı istasyonlarında kaydedilen kış sezonu SO₂ ortalamaları ile ölçülen en yüksek saatlik SO₂ konsantrasyonları

İSTASYON	Kış Sezonu Ortalama Kons. (µg/m ³)	Ölçülen En Yüksek Saatlik Kons. (µg/m ³)	İSTASYON	Kış Sezonu Ortalama Kons. (µg/m ³)	Ölçülen En Yüksek Saatlik Kons. (µg/m ³)
Balıkesir	17,21	155	İstanbul Mecidiyeköy	-	-
Balıkesir Bandırma	9,67	115	İstanbul Sarıyer	9,22	149
Balıkesir Erdek	5,57	118	İstanbul Selimiye	-	-
Bilecik	10,07	74	İstanbul Silivri	-	-
Bilecik Bozüyük	9,70	181	İstanbul Sultanbeyli	7,24	63
Bursa	9,49	74	İstanbul Sultangazi	5,10	40
Bursa Beyazıt*	20,39	152	İstanbul Şile MTMH	-	-
Bursa İnegöl*	21,94	750	İstanbul Şirinevler	7,96	156
Bursa Kester*	34,65	684	İstanbul Ümraniye	10,64	93
Bursa Kültür Park	12,23	96	İstanbul Üsküdar	9,05	102
Bursa Uludağ	5,86	46	İstanbul Üsküdar MTMH	-	-
Çanakkale Biga	3,70	250	İstanbul Yenibosna	7,78	138
Çanakkale Çan*	148,26	1410	Kırklareli Limanköy	3,23	113
Çanakkale Lapseki	8,08	103	Kırklareli Lüleburgaz*	36,05	430
Çanakkale Merkez	11,84	146	Kırklareli Merkez*	26,84	455
Edirne*	39,14	530	Kocaeli Alikahya	12,97	1004
Edirne Karaağaç	9,66	153	Kocaeli Dilovası*	20,15	537
Edirne Keşan*	586,84	3298	Kocaeli Dilovası 1 İMS	-	-
İstanbul Aksaray	11,67	123	Kocaeli Dilovası 2 İMS	-	-
İstanbul Alibeyköy	4,08	71	Kocaeli Gölcük	14,40	554
İstanbul Avcılar	-	-	Kocaeli İzmit	-	-
İstanbul Başakşehir	7,02	127	Kocaeli Kandıra	-	-
İstanbul Beşiktaş	4,82	142	Kocaeli Körfez	16,65	544
İstanbul Büyükdada	-	-	Kocaeli Merkez	5,66	331
İstanbul Çatladıkapı	-	-	Kocaeli OSB*	-	-
İstanbul Esenler	5,59	97	Kocaeli Yeniköy	8,85	388
İstanbul Esenyurt	7,35	39	Sakarya	18,91	265
İstanbul Göztepe	-	-	Sakarya Merkez	-	-
İstanbul Kadıköy	12,73	319	Sakarya Ozanlar	19,75	286
İstanbul Kağıthane	19,51	286	Tekirdağ Çerkezköy*	21,34	353
İstanbul Kağıthane MTM	7,50	168	Tekirdağ Merkez*	42,45	646
İstanbul Kandilli MTM	10,56	170	Tekirdağ Merkez MTHM*	77,67	1086
İstanbul Kartal	6,62	92	Yalova	8,04	63
İstanbul Kumköy	-	-	Yalova Altınova	8,07	393
İstanbul Maslak	-	-	Yalova Armutlu	6,51	732

* 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde bulunan SO₂ Kış Sezonu Limit Değeri olan 20 µg/m³'ü aşan istasyonlar.

- Ölçüm verileri bulunmamaktadır.

Balıkesir ilindeki istasyonlardan elde edilen değerler sınır değerlerin altında kalmakta ancak haritada görülen dağılıma Çanakkale Çan ilçesinin etkisi olduğu söylenebilir. Bu nedenle Çanakkale ili ölçüm istasyonlarına bakıldığında, özellikle Çan istasyonundan elde edilen kış sezonu SO₂ ortalamaları hesaplandığında 148,26 µg/m³ olduğu anlaşılmaktadır. Bu değer ise Yönetmelikteki sınır değerlerin bir hayli üzerindedir. Bu istasyonda ölçülen saatlik en yüksek değer ise 1410 µg/m³ tür. Şekil 7 2015 yılı SO₂ dağılım haritasına göre Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli'ndeki SO₂ konsantrasyonu oldukça yüksek seviyelerdedir. Bölgede en yüksek SO₂ konsantrasyon ortalaması Edirne Keşan ilçesinde 586,84 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Tekirdağ merkez MTHM istasyonunda 77,67 µg/m³ ve Tekirdağ Merkez istasyonunda 42,45 µg/m³ olarak bulunmuştur.



Şekil 8: Çalışma alanı 2016 yılı SO₂ dağılımları

Şekil 8’de çalışma alanının 2016 yılı SO₂ dağılımları verilmektedir. Şekil 8’e göre İstanbul ilindeki konsantrasyonun 2015 yılına göre arttığı görülebilmektedir. Kandilli MTM istasyonunda ölçülen kış sezonu değerlerinin ortalaması 21,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Şirinevler istasyonunun ölçüm ortalaması ise 22,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olup Yönetmelikteki sınır değerleri aşmaktadır. Ayrıca ilde Tekirdağ ve Kocaeli sınırlarına doğru konsantrasyonun arttığı gözlenebilmektedir. Kocaeli ilinde ise konsantrasyonlar yine bir önceki yıla göre arttığı anlaşılmıştır. Yönetmelikteki kış sezonu ortalaması sınır değerini aşan istasyonlar Kocaeli OSB istasyonu (37,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Körfez istasyonu (26,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Dilovası istasyonu (21,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) olduğu hesaplanmıştır.

Sakarya iline bakıldığında kış sezonu ortalama konsantrasyon dağılımının 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ten büyük olduğu anlaşılmaktadır. İlde bulunan istasyonlardan alınan değerlere göre Sakarya istasyonu 22,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Ozanlar istasyonu 26,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tür ve bu değerler de yönetmelikteki sınır değerini aşmaktadır.

Bilecik ilinde konsantrasyon dağılımı 10-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında iken Yalova’da bu seviye 3,68-15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyesi arasındadır. Bu illerde bulunan istasyonlardan alınan verilere göre kış sezonu SO₂ ortalamaları, Bilecik 11,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Bozüyük 11,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Yalova Armutlu 6,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Altınova 11,43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Yalova 5,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Bursa ilinde ise yine karmaşık bir dağılım görülmekte ilde bulunan istasyonlardan Kestel (27,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve İnegöl (25,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) istasyonlarında ölçülen konsantrasyon ortalamalarının sınır değerini aştığı belirlenmiştir.

Balıkesir istasyonlarındaki verilerin sınır değeri aşmadığı görülse de özellikle Çanakkale Çan ilçesi istasyonu verilerinin yüksek olması bu ili de etkilemektedir. Çanakkale Çan ilçesi istasyon verilerine bakıldığında kış sezonu SO₂ ortalamasının 89,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmüş ve bu konsantrasyonun o bölgeyi etkilediği anlaşılmıştır.

2015-2016 yılları SO₂ konsantrasyonu dağılım haritaları (Şekil 7-8) incelendiğinde İstanbul Avrupa ve Anadolu yakasındaki konsantrasyon değişimi kolaylıkla fark edilebilmektedir. Buna göre 2016 yılı SO₂ konsantrasyonunun bir önceki yıla göre arttığı belirlenmiştir. 2016 yılında Çanakkale merkez ve Kırklareli Limanköy mevkiinde konsantrasyon miktarında düşüşler gözlenmiştir. Kocaeli ve Sakarya illerine bakıldığında ise 2016 yılındaki SO₂ konsantrasyonlarında artışlar görülmüştür.

Çalışma alanındaki tüm istasyonların ölçtüğü kış sezonu ortalama SO₂ konsantrasyonları ile saatlik en yüksek konsantrasyonlar Tablo 5 de verilmektedir.

Tablo 5: 2016 yılı çalışma alanı istasyonlarında kaydedilen kış sezonu SO₂ ortalamaları ile ölçülen en yüksek saatlik SO₂ konsantrasyonları

İSTASYON	Kış Sezonu Ortalama Kons. (µg/m ³)	Ölçülen En Yüksek Saatlik Kons. (µg/m ³)	İSTASYON	Kış Sezonu Ortalama Kons. (µg/m ³)	Ölçülen En Yüksek Saatlik Kons. (µg/m ³)
Balıkesir	15,41	130	İstanbul Mecidiyeköy	-	-
Balıkesir Bandırma	15,48	702	İstanbul Sarıyer	12,57	195
Balıkesir Erdek	9,44	240	İstanbul Selimiye	-	-
Bilecik	11,94	218	İstanbul Silivri	-	-
Bilecik Bozüyük	11,67	268	İstanbul Sultanbeyli	9,07	110
Bursa	8,70	99	İstanbul Sultangazi	7,24	64
Bursa Beyazıt	12,87	390	İstanbul Şile MTMH	-	-
Bursa İnegöl*	25,89	513	İstanbul Şirinevler*	22,51	58
Bursa Kester*	27,82	357	İstanbul Ümraniye	9,59	457
Bursa Kültür Park	10,17	309	İstanbul Üsküdar	-	-
Bursa Uludağ Üniversitesi	7,12	315	İstanbul Üsküdar MTMH	-	-
Çanakkale Biga	2,78	325	İstanbul Yenibosna	5,69	38
Çanakkale Çan*	89,68	870	Kırklareli Limanköy	7,83	113
Çanakkale Lapseki	10,89	436	Kırklareli Lüleburgaz*	35,87	211
Çanakkale Merkez	11,71	338	Kırklareli Merkez*	35,15	571
Edirne*	36,91	365	Kocaeli Alikahya	11,64	199
Edirne Karaağaç*	27,39	194	Kocaeli Dilovası*	21,76	384
Edirne Keşan*	485,06	2901	Kocaeli Dilovası 1 İMS	-	-
İstanbul Aksaray	10,39	74	Kocaeli Dilovası 2 İMS	-	-
İstanbul Alibeyköy	4,46	36	Kocaeli Gölcük*	18,57	432
İstanbul Avcılar	5,20	83	Kocaeli İzmit	-	-
İstanbul Başakşehir	13,25	120	Kocaeli Kandıra	-	-
İstanbul Beşiktaş	6,83	56	Kocaeli Körfez*	26,11	369
İstanbul Büyükdada	-	-	Kocaeli Merkez	7,08	174
İstanbul Çatladıkapı	-	-	Kocaeli OSB*	37,11	439
İstanbul Esenler	7,43	78	Kocaeli Yeniköy	16,91	330
İstanbul Esenyurt	8,98	220	Sakarya*	22,12	179
İstanbul Göztepe	-	-	Sakarya Merkez	-	-
İstanbul Kadıköy	8,54	96	Sakarya Ozanlar*	26,69	399
İstanbul Kağıthane	4,42	48	Tekirdağ Çerkezköy*	32,45	337
İstanbul Kağıthane MTM	12,82	398	Tekirdağ Merkez*	48,37	1000
İstanbul Kandilli MTM*	21,18	176	Tekirdağ Merkez MTHM*	76,98	764
İstanbul Kartal	-	-	Yalova	5,03	78
İstanbul Kumköy	-	-	Yalova Altınova	11,43	553
İstanbul Maslak	13,08	70	Yalova Armutlu	6,21	111

* 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde bulunan SO₂ Kış Sezonu Limit Değeri olan 20 µg/m³'ü aşan istasyonlar.

- Ölçüm verileri bulunmamaktadır.

Trakya bölgesinde bulunan Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinde konsantrasyonun bir hayli yüksek olduğu görülebilmektedir. Edirne ilinde bulunan istasyonların ölçüm ortalamaları sınır değeri aşmaktadır. Keşan (485,06 µg/m³), Edirne merkez (36,91 µg/m³) ve Karaağaç (27,39 µg/m³) ilçelerindeki istasyonlarda ortalama SO₂ konsantrasyonları bir hayli yüksektir. Tekirdağ istasyonlarında ise durum yine benzerdir. Tekirdağ merkez (48,37 µg/m³), Merkez MTHM (76,98 µg/m³) ve Çerkezköy (32,45 µg/m³) istasyonlarında sınır değerin aşıldığı anlaşılmıştır. Kırklareli ili incelendiğinde Merkez istasyon ölçüm ortalaması 35,15 µg/m³ ve Lüleburgaz istasyon ölçüm ortalaması 35,87 µg/m³ olarak hesaplanmış ve bu değerlerin sınır değerini aştığı anlaşılmıştır.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye'nin gerek sanayi gerekse nüfus bakımından oldukça yoğun bölgesi olan Marmara Bölgesi'nin 1 Ekim-31 Mart tarihleri arası kış sezonu PM10 ve SO₂ konsantrasyonları incelenmiştir. Çalışmada elde edilen kış sezonu ortalamaları 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde bulunan Kış

Sezonu Limit Değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan bu çalışmaya göre 2015 kış sezonu PM10 konsantrasyonları dikkate alındığında kış sezonu ortalaması sınır değeri olan $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerini aşan istasyonlar Bursa %38,85'lik artışla $124,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$, İstanbul Esenyurt $122,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%35,83'lük artış), İstanbul Selimiye $102,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%13,48), Bursa İnegöl $98,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%9,54), Bursa Merkez $124,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%38,85), Tekirdağ Merkez MTHM $98,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%9,02), Kocaeli Dilovası $93,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%3,43), Sakarya $91,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%1,3) olarak belirlenmiştir.

2016 yılı kış sezonu PM10 ortalamalarına bakıldığında yönetmelik sınır değerini aşan Bursa Merkez $116,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%29,64' lük artış), Tekirdağ Merkez MTHM $109,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%21,95), Edirne Keşan $94,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%4,68), Bursa İnegöl $92,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%3,31) olarak görülmüştür.

SO₂ konsantrasyonları incelendiğinde 2015 yılında kış sezonu ortalaması sınır değeri olan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerini aşan yerleşim yerleri, Edirne Keşan % 2834,2' lik bir artışla $586,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Edirne Merkez $39,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%95,7), Çanakkale Çan $148,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%641,3), Tekirdağ Merkez $77,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%288,35) ve $42,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%112,25), Tekirdağ Çerkezköy $21,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%6,7), Kırklareli Lüleburgaz $36,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%80,25), Kırklareli Merkez $26,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%34,2), Bursa Kester $34,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%73,25), Bursa İnegöl $21,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%9,7), Bursa Beyazıt $20,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%1,95) olduğu görülmektedir.

2016 yılı kış sezonu SO₂ konsantrasyonuna bakıldığında yönetmelikteki sınır değeri geçen yerler, Edirne Keşan ($485,06 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%2325$), Çanakkale Çan ($89,68 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%348,40$), Tekirdağ Merkez ($76,98 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%284,9$, $48,37 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%141,85$), Kocaeli OSB ($37,11 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%85,55$), Edirne ($36,91 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%84,55$), Kırklareli Lüleburgaz ($35,87 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%79,35$), Kırklareli Merkez ($35,15 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%75,75$), Tekirdağ Çerkezköy ($32,45 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%62,25$), Kocaeli Körfez ($26,11 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%30,55$), Sakarya Ozanlar ($26,69 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%33,45$), Bursa Kestel ($27,82 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%39,1$), Edirne Karaağaç ($27,39 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%36,95$), Bursa İnegöl ($25,89 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%29,45$), İstanbul Kandilli ($21,18 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%5,9$), İstanbul Şirinevler ($22,51 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%12,5$), Sakarya Merkez ($22,12 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%10,6$), Kocaeli Dilovası ($21,76 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \%8,8$) olarak bulunmuştur.

PM10 açısından bölgedeki hava kalitesi bakımından en sağlıklı ilin Bursa olduğu görülebilmektedir. SO₂ konsantrasyonlarına bakıldığında ise Edirne ilinin Keşan ilçesi en sağlıklı yerlerden biri olduğu anlaşılmıştır. Buna neden olarak kullanılan fosil yakıtların miktarı, bölgedeki trafik yoğunluğu buradaki yerleşim yerlerinin plansızlığı ve topografik yapı söylenebilir. Özellikle Bursa ilinde yoğun sanayi ve nüfus artışı PM10 konsantrasyonunun artışına neden olabilmektedir. Şekil 4'deki rüzgâr gülü haritası da incelendiğinde Bursa ilinde en çok 0,5 – 2 m/sn hızında rüzgarların olduğu görülmektedir. Bu rüzgâr hızları da bölgede oluşan kirliliğin dağılmasında etkili olamamaktadır.

Keşan ilçesine bakıldığında hâkim rüzgâr yönünün, şehri kuzey ve kuzeydoğudan çevreleyen tepelik alanlar tarafından kapatıldığı Özşahin vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada belirtilmiştir. Bu durumun hava kalitesi üzerine etkileri bakımından olumsuz bir gelişme olduğu söylenmektedir. Nitekim fosil yakıtların en yoğun olarak yakıldığı kış mevsiminde rüzgâr hızı fazla olmasına rağmen hava kirliliği de çok yüksektir. Dolayısıyla şehrin çevresinde mevcut olan topoğrafik setler, kuvvetli rüzgâr akımını engelleyip, yön değiştirmesine ve kirli havanın şehrin üstünde hapsolmesine neden olmaktadır (Özşahin vd. 2016). 2016 yılında hazırlanan il çevre durum raporuna göre Keşan'da hava kirliliğinin çözümüne ilişkin en uygun çözümün doğalgaz bağlantısının kurulması olduğu düşünüldüğü, konuya ilişkin çalışmalar hızla devam etmekte olduğu ve yeterli abone sayısına ulaşılması beklendiği ifade edilmektedir (URL-14 2017). Şekil 4'deki rüzgâr gülü haritasında ise ilçedeki hâkim rüzgâr hızının yıl boyu 0,5 – 2 m/sn olduğu görülebilmektedir. Buda kirliliğin dağılmamasında oldukça önemlidir. İstanbul ilinde 2015-2016 yılları arasında PM10 kirleticisindeki azalma ile SO₂ konsantrasyonunda artış görülmektedir. Bu durum istasyonlarda yapılan ölçüm saatlerindeki eşitsizlikle açıklanabilir. 2015 yılında her iki kirlletici ölçüm saatleri ile 2016 yılındaki ölçüm saatleri eşit olmamakla birlikte bu durum kirlletici konsantrasyon ortalamalarını etkileyebilmektedir.

Çalışma alanındaki illerde hava kalitesinin yükseltilebilmesi amacıyla özellikle doğal gaz gibi temiz yakıtların kullanımının teşvik edilmesi gerekmektedir. Bunun yanında illerde yakılan fosil yakıtların kalitesinin artırılması PM10 ve SO₂ gibi kirleticilerin azaltmak mümkündür. Diğer taraftan konutlardaki yakma sistemlerinin iyileştirilmesi ile özellikle PM10 kirleticisinin azaltılması sağlanabilir. Ayrıca hava kalitesi ölçümlerinin daha sağlıklı olarak yapılabilmesi için ölçüm istasyonlarının doğru konumlandırılması da önemli bir etkidir. Bu ve benzeri çalışmaların daha sağlıklı yapılabilmesi için İl Çevre ve Şehircilik Müdürlükleri ile temasa geçip mahalle bazında kullanılan yakıt türü ve miktarları elde edilerek emisyon envanterleri yardımıyla oluşabilecek emisyon miktarları belirlenmeli ve AERMOD, CALPUFF gibi modelleme sistemleri kullanılarak meteorolojik verilerin de yardımıyla dağılım haritaları oluşturulup gerekli önlemlerin alınması sağlanmalıdır.

Kaynaklar

- Akan D.S., Morcalı M.H., (2017), *Kahramanmaraş Hava Kirliliği Kaynaklarının İzlenmesi ve Belirlenmesi*, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(2), 105-115.
- Biçer C., (2013), *Demir çelik sektörünün kentleşmeye ve çevreye etkisi: Karabük ve Sheffield örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Karabük, ss.179.
- Cui L., Shi J., (2012), *Urbanization and its environmental effects in Shanghai, China*, Urban Climate 2, 1-15.
- Çetin M., Demirci O.K., (2016), *Erzincan'da Doğal Gaz Kullanımının Hava Kalitesine Etkisi*, Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1), 8-18.
- Çiftçi Ç., Dursun Ş., Levend S., Kunt F., (2013), *Topoğrafik Yapı, İklim Şartları ve Kentleşmenin Konya'da Hava Kirliliğine Etkisi*, European Journal of Science and Technology, 1(1), 19-24.

- Çilingir B M., (2016), *Hava Kirliliği ve Akciğer*, Journal of Contemporary Medicine, 6, 131-137.
- Demir K., Çabuk S., (2010), *Türkiye’de metropoliten kentlerin nüfus gelişimi*, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 28, 193-215.
- Demirarslan K.O., Kaya A., (2017), *Kömür madenciliği kaynaklı hava kirliliği: partikül madde ve metan emisyonları üzerine literatür araştırması*, Bilimsel Madencilik Dergisi, 56(1), 23-31.
- Demirarslan K.O., Akıncı H., (2016), *Doğu Karadeniz Bölgesinde Kükürtdioksit (SO₂) Dağılımlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Belirlenmesi*, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 2(2), 81-99.
- Güler N., (2008), *Kentleşme sürecinde katı atık yönetimi ve Kocaeli örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli, ss. 143.
- Günbeyaz N., (2007), *Samsun ilinde kentleşmenin çevresel açıdan incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, ss.136.
- İmal M., Karapınar Ç., Doğan O., (2013), *Hava Kalitesine Doğalgazın Etkisi: Kahramanmaraş Örnek Çalışması*, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(2), 22-28.
- Kılıç A., Kum S., Ünal A., Kındap T., (2014), *Marmara Bölgesi’ndeki Hava Kirliliğinin Modellenmesi, Kirlilik Azaltımı ve Maruziyet Analizi*, BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi, 16(1) 27-46.
- Lee D., Mitchell R., (2014), *Controlling for localised spatio-temporal autocorrelation in long-term air pollution and health studies*, Statistical Methods in Medical Research, 23(6), 488-506.
- Li X., Qiao Y., (2015), *Environment Problems of City Development in China*, Journal of Geoscience and Environment Protection, 3, 104-110.
- Özşahin, E., Eroğlu İ., Pektezel H., (2016), *Keşan’da (Edirne) Hava Kirliliği*, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 36: 83-100.
- Şahin K., Bağcı H.R., Sarı E., (2016), *Havza’da (Samsun) hava kirliliği algısı*, Studies of the Ottoman Domain, 6(11), 29-42.
- URL-1, (2017), <http://www.who.int/globalchange/ecosystems/urbanization/en/>, [Erişim 10 Ağustos 2017].
- URL-2, (2017), <http://greentumble.com/environmental-problems-of-urbanization/>, [Erişim 12 Ağustos 2017].
- URL-3, (2017), <https://fortress.wa.gov/ecy/publications/publications/9229.pdf>, [Erişim 12 Ağustos 2017].
- URL-4, (2013), 81 İl Sanayi Durum Raporu, TC. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2013, <http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/usefullink/6131533781-il-sanayi-durum-raporupdf.pdf>, [Erişim 12 Ağustos 2017].
- URL-5, (2017), <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html>, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-6, (2016), Balıkesir İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Balikesir2015.pdf>, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-7, (2017), Balıkesir İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Balikesir_icdr2016.pdf, [Erişim 13 Kasım 2017].
- URL-8, (2016), Bilecik İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Bilecik2015.pdf>, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-9, (2017), Bilecik İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Bilecik_icdr2016.pdf, [Erişim 13 Kasım 2017].
- URL-10, (2016), Bursa İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Bursa2015.pdf>, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-11, (2017), Bursa İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Bursa_icdr2016.pdf, [Erişim 13 Kasım 2017].
- URL-12, (2016), Çanakkale İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Canakkale_icdr2015.pdf, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-13, (2016) Edirne İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/2015_Edirne_CDR.pdf, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-14, (2017), Edirne İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Bursa_icdr2016.pdf, [Erişim 13 Kasım 2017].
- URL-15, (2016) İstanbul İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Istanbul2015.pdf>, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-16, (2017), İstanbul İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Istanbul_icdr2016.pdf, [Erişim 13 Kasım 2017].
- URL-17, (2016) Kırklareli İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Kirklareli_icdr2015.pdf, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-18, (2017), Kırklareli İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Kirikkale_icdr2016.pdf, [Erişim 13 Kasım 2017].
- URL-19, (2016) Kocaeli İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Kocaeli2015-3.pdf>, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-20, (2017), Kocaeli İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Kocaeli_icdr2016.pdf, [Erişim 13 Kasım 2017].
- URL-21, (2016) Sakarya İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Sakarya2015.pdf>, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-22, (2017), Sakarya İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Sakarya_icdr2016.pdf, [Erişim 13 Kasım 2017].
- URL-23, (2016) Tekirdağ İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Tekirdag2015.pdf>, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-24, (2017), Tekirdağ İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/TEKIRDAG%20IL%20CEVRE%20DURUM%20RAPORU%202016-NIHAL.pdf>, [Erişim 13 Kasım 2017].

- URL-25, (2016) 2016. Yalova İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Yalova2015.pdf>, [Erişim 16 Temmuz 2017].
- URL-26, (2017), Yalova İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Yalova_icdr2016.pdf, [Erişim 13 Kasım 2017]